屋頂式營農型綠能農業設施下果菜類蔬菜生產及輪作系統建構

Cucurbit Production under Straight-line Pattern Roofy Type Agricultural Photovoltaic Facility and Its Rotation Systems

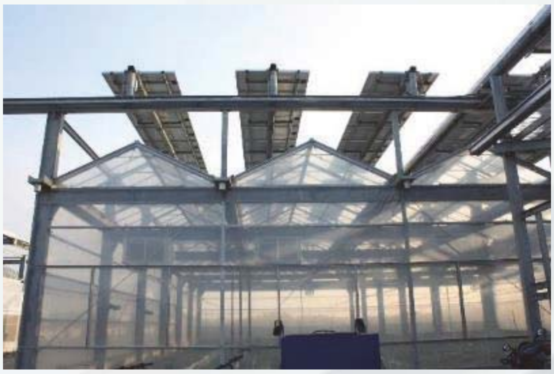
主講者：黃祥益* 朱雅玲 施純堅

機關(構)/單位：行政院農業委員會 高雄區農業改良場

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

擬解決問題

- 2013年起開放**農地種電**，期望農業與太陽能發展結合，提高農民收益，節省休耕補助經費，並有助於農地多元利用及太陽能設施群聚發展。
- 太陽能設施下日照不足使作物生長不佳，且業者欠缺作物栽培技術，最終放棄種植以減少損失。
- 藉本研究提供綠電業者及農民在建廠前的先期規劃參考，避免無謂投資及損失。



2

試驗構想及目標

- 高屏地區農地太陽能光電場設置比率高
- 高屏地區為重要瓜果類蔬菜重要產地

⇨

- 太陽能光電設施下環境調查評估
- 不同作物於不同遮蔽率下生育調查

⇨

- 適合於太陽能光電設施生產瓜果類作物及最高遮蔽率
- 適合太陽能光電設施環境下瓜果類蔬菜之栽培管理模式

⇨

- 提供行政單位訂定太陽能發電設施遮蔽率的參考數據
- 提供光電業者搭建設施及栽培作物的建議
- 建立適合太陽能板下設施瓜類蔬菜的生產模式，落實光電結合農業提高農民收益的最初目的

3

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

預期目標

- 評估不同遮蔽率太陽能光電板對瓜果類蔬菜生育之影響，篩選出適合農電設施生產之瓜類作物種類，並建立栽培管理技術。
- 由適合太陽能光電設施下溫網室生產之瓜類作物，進一步篩選適合之品種。
- 評估不同瓜類作物在太陽能農電設施下適合之栽培期作。
- 建立適合之輪作系統，以期望可永續經營。

4

工作項目

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- **不同太陽能光電板遮蔽率對設施內瓜果類蔬菜生育之影響**
  模擬30、40及50%太陽能光電板遮蔽率環境下種植東方甜瓜、小胡瓜、絲瓜、苦瓜、稜角絲瓜及南瓜等6種瓜果類蔬菜。

- **適合太陽能光電設施下適合與瓜果類蔬菜輪作作物篩選**
  分別以30%、40%、50%太陽能板遮蔽率之處理，並以無太陽能板生產環境為對照，於夏作評估其對短期葉菜類蔬菜生育及對品質產量之影響，據以篩選出較適合太陽能光電設施下之

- **太陽能光電設施瓜類作物輪作模式規劃**
  依據模擬設施下瓜類及葉菜類蔬菜試驗結果，規劃適合高屏地區屋頂式農電設施生產之輪作系統。

5

工作項目-1

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

- **不同太陽能光電板遮蔽率對設施內瓜果類蔬菜生育之影響**

1. 模擬30、40及50%太陽能光電板遮蔽率環境下種植東方甜瓜、小胡瓜、絲瓜、苦瓜、稜角絲瓜及南瓜等6種瓜果類蔬菜。
2. 評估6種瓜果類蔬菜在不同遮蔽率處理下生育情形。
3. 評估6種瓜果類蔬菜太陽光電設施下可達當地平均產量70%的期作及遮蔽率。
4. 期程：

年度	106	106	107
期作	夏作	秋作	秋冬作
作物	東方甜瓜(銀輝) 小胡瓜(夏美)	稜角絲瓜 (澎湖1號)	絲瓜(高雄1號) 苦瓜(日貴) 南瓜(木瓜型)

6

106年試驗結果

1. 夏作於30%太陽能板遮蔽率下6種瓜果類蔬菜有東方甜瓜及小胡瓜之產量可達正常環境產量之70%。
2. 東方甜瓜於40%太陽能板遮蔽率亦可達正常環境產量之70%。
3. 稜角絲瓜於秋作30%太陽能板遮蔽率下與對照處理相近，差異不顯著。

7

2019光電綠能設施之農地利用成果發表會

表1.不同太陽能光電板遮蔽率下小胡瓜之生育及果實性狀表現(106年夏作)

遮蔽率處理	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	節間長 (cm)	葉綠素指數	單果重 (g)	果高 (mm)	果寬 (mm)	果肉厚 (mm)	總可溶性固形物 (°Brix)	產量 (kg/0.1ha)	產量比率
30%	18.0	17.5	30.0	73.7	95.4	18.6	25.4	8.6	3.7	1,042.6	80.3
40%	20.0	20.5	30.0	67.0	84.6	18.3	23.7	8.4	3.8	698.1	53.8
50%	21.0	19.5	30.0	67.6	81.9	18.0	24.0	8.1	3.8	866.7	66.8
CK	17.5	17.5	34.0	68.6	95.3	18.5	25.7	8.6	3.8	1,298.1	100.0
$LSD_{0.05}$	0.9	1.0	2.5	7.6	31.6	2.0	2.7	1.0	0.3	244.0	--

*定植日期為106年8月9日，106年9月29日至10月30日採收。

8

表2.不同太陽能光電板遮蔽率下東方甜瓜之生育及果實性狀表現(106年夏作)

遮蔽率處理	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	節間長 (cm)	葉綠素指數	單果重 (g)	果高 (mm)	果寬 (mm)	果肉厚 (mm)	總可溶性固形物 (°Brix)	產量 (kg/0.1ha)	產量比率
30%	16.3	16.1	29.8	60.4	305.0	75.3	83.2	15.6	14.3	1,386.4	94.1
40%	14.2	14.1	28.3	57.2	306.9	76.0	85.6	14.5	13.6	1,394.9	94.6
50%	14.2	14.5	27.8	44.3	235.0	67.9	76.6	14.9	11.9	1,068.3	72.5
CK	15.8	16.2	28.0	51.4	324.3	75.8	86.4	17.1	13.5	1,473.9	100.0
$LSD_{0.05}$	2.6	2.3	1.7	13.1	74.3	5.5	6.6	2.7	2.6	337.7	--

*定植日期為106年8月9日，106年9月29日至10月30日採收。

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

表3.不同太陽能光電板遮蔽率下稜角絲瓜之生育及果實性狀表現(106年秋作)

遮陰處理	始花日數 (Days)	始花節位 (Node No.)	果重 (g)	總產量 (t/ha)	產量比率
30%	44.3	25.4	385.2	18.0	98.9
40%	50.0	27.7	331.6	11.9	65.4
50%	54.8	30.5	374.6	8.2	45.1
CK	46.5	24.5	409.5	18.2	100.0
$LSD_{0.05}$	2.0	2.5	50.4	2.3	--

*育苗日期為106年9月1日，定植日期為9月15日。

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

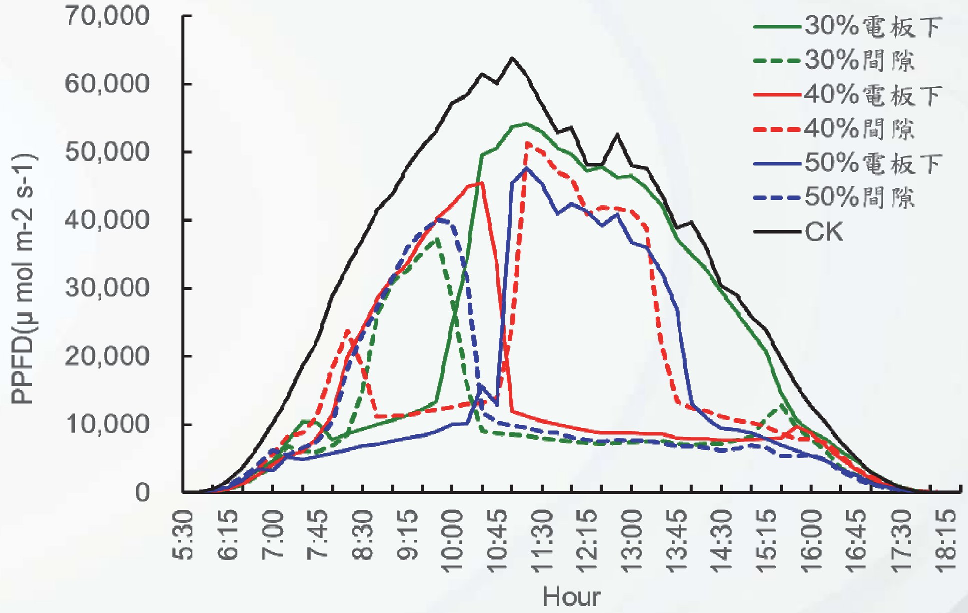


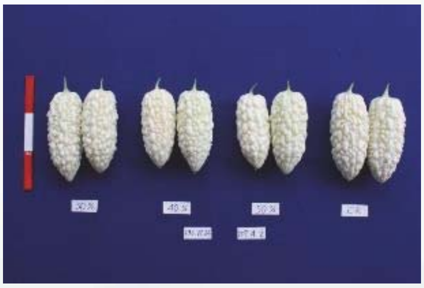
圖1.不同太陽能電板遮蔽率下每日平均光合作用光子通量密度變化(8月9日至10月30日)

11

107年試驗結果

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

1. 苦瓜於106/11/24定植，107/3/2~5/9採收。30%遮蔽率下苦瓜產量為2,049 Kg/0.1ha，為對照處理2,775 Kg/0.1ha的73.9%，而40%及50%遮蔽率處理之產量均未達對照處理的70%。
2. 絲瓜於106/12/13定植，107/3/21～5/月3採收。三種遮蔽率處理的絲瓜產量均低於對照處理4,065 Kg/0.1ha的70%。
3. 秋作南瓜於30%及40%遮蔽率下產量分別為對照處理之104.9%及89.8%。



12

107年秋冬作

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

表4. 不同太陽能板遮蔽率下苦瓜果實性狀及產量表現

處理	單果重 (g)	果長 (cm)	果寬 (cm)	果肉厚 (mm)	產量 (Kg/0.1ha)	比率 (%)
30%	516.6	19.8	8.6	17.2	2,049	73.8
40%	476.5	18.8	8.0	16.5	1,789	64.5
50%	512.5	19.4	8.1	17.0	1,851	66.7
CK	573.4	20.8	8.7	16.8	2,775	100
$LSD_{0.05}$	65.3	1.3	0.5	0.6	590	

表5. 不同太陽能板遮蔽率下絲瓜果實性狀及產量表現

處理	單果重 (g)	果長 (cm)	果寬 (cm)	總可溶性固形物(°Brix)	產量 (kg/0.1ha)	比率 (%)
30%	683.9	23.1	7.7	4.4	2,555	62.9
40%	647.6	22.9	7.5	3.9	2,594	63.8
50%	652.6	23.5	7.6	3.6	2,353	57.9
CK	723.1	23.7	7.8	4.3	4,065	100
$LSD_{0.05}$	106.5	1.5	0.4	0.9	564	

13

107年秋作

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

表6.不同太陽能板遮蔽率下南瓜園藝性狀表現

處理	雌花始花日數[2] (Day)	雌花始花節位 (No.)	單株結果數 (No.)	單果重 (Kg)	單位面積產量 (Kg/0.1ha)	比率 (%)
30%	26.5	10.8	3.06	0.78	877.4	104.9
40%	26.6	10.5	2.82	0.72	751.3	89.8
50%	27.3	9.7	2.35	0.88	521.9	62.4
CK	30.8	10.2	2.82	0.79	836.6	100
$LSD_{0.05}$	1.5	0.7	0.5	0.16	182.5	

[1]育苗日期:107年8月21日，定植日期:9月13日
[2]定植至50%植株雌花始花之天數

CK

30%遮蔽率

40%遮蔽率

50%遮蔽率

14

工作項目-2

■ 適合太陽能光電設施下適合與瓜果類蔬菜輪作作物篩選

- 試驗目的：
  建立太陽能光電設施環境下瓜果類蔬菜之栽培管理及輪作模式。
- 處理：
  模擬30%、40%及50%等三種太陽能電板遮蔽率，評估7品種短期葉菜類生育情況。

年度	107	108
期作	秋作	夏作
作物	油菜：莫麗 青梗白菜：綠地26、芳蓉 小白菜：好佳、新芳28、三鳳二號、東京べかな	

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

107年秋作

■ 試驗結果：

1. 107/10/5定植，107/11/1採收。
2. 油菜及青梗白菜於遮蔽率40%以下產量可達CK的70%。
3. 小白菜'新芳28'在3個遮蔽處理下均低於CK的70%。
4. 其他3個小白菜品種在3種遮蔽率下可達CK的70%。

表7-1.不同太陽能板遮蔽率下短期葉菜類性狀及產量表現

遮蔽率處理	鮮重 (g)	乾重 (g)	乾/鮮重比(%)	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數	小區產量 (kg/3.6㎡)	產量比率 (%)
				油菜 莫麗					
30%	160.8	7.9	5.03	33.7	32.3	12.4	12.5	30%	87.2
40%	122.8	6.0	5.04	31.7	30.5	12.5	11.7	40%	74.5
50%	106.9	5.3	5.28	30.5	28.6	12.3	11.3	50%	63.3
CK	174.4	8.6	4.95	35.2	34.1	14.4	11.5	CK	100.0
				青梗白菜 綠地26					
30%	127.3	5.7	4.65	26.2	24.0	10.6	12.9	30%	90.6
40%	74.8	3.8	5.11	23.7	20.9	9.6	12.8	40%	63.8
50%	116.1	4.8	4.21	25.1	23.0	10.6	12.3	50%	89.1
CK	177.9	8.1	4.64	28.9	27.0	12.5	13.5	CK	100.0
				青梗白菜 芳蓉					
30%	129.9	5.6	4.41	22.9	21.5	10.2	12.9	30%	77.7
40%	112.6	4.8	4.48	21.3	20.1	10.2	13.4	40%	71.4
50%	124.5	5.0	4.15	22.1	21.1	10.2	12.5	50%	78.0
CK	170.9	7.2	4.33	24.4	23.0	11.6	13.9	CK	100.0

17

表7-2.不同太陽能板遮蔽率下短期葉菜類性狀及產量表現

遮蔽率處理	鮮重 (g)	乾重 (g)	乾/鮮重比(%)	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數	小區產量 (kg/3.6㎡)	產量比率 (%)
				小白菜 好佳					
30%	239.2	9.6	4.13	35.7	33.2	17.6	13.2	11.7	74.5
40%	167.4	6.6	4.23	32.6	31.3	16.1	12.0	10.4	66.2
50%	209.4	8.1	3.89	35.8	34.4	18.2	12.7	12.0	76.6
CK	419.1	15.5	3.65	42.7	41.0	22.3	14.5	15.7	100.0
				小白菜 新芳28					
30%	186.2	8.1	6.91	31.2	30.3	15.8	13.7	9.7	54.1
40%	195.3	8.6	4.41	30.7	29.9	16.4	14.3	11.2	62.6
50%	183.6	7.7	4.23	31.8	30.9	16.3	13.4	9.5	53.2
CK	279.9	11.1	3.99	34.7	34.6	17.0	13.9	17.9	100.0
				小白菜 三鳳二號					
30%	186.0	7.5	4.04	39.5	38.3	23.3	9.7	10.5	87.0
40%	166.5	7.3	6.14	38.3	55.4	21.4	10.1	9.7	80.7
50%	164.8	6.5	3.97	38.7	36.8	21.9	9.1	9.8	81.2
CK	217.6	8.4	3.94	41.7	40.2	23.8	9.5	12.1	100.0
				小白菜 東京べかな					
30%	193.8	8.4	4.41	38.9	37.8	15.3	12.4	8.2	128.6
40%	184.0	8.9	4.89	38.2	36.3	15.5	12.4	6.2	96.9
50%	130.7	6.3	4.85	35.6	34.1	14.9	10.9	6.3	98.4
CK	215.1	10.2	4.76	39.1	38.1	18.6	12.8	6.4	100.0

18

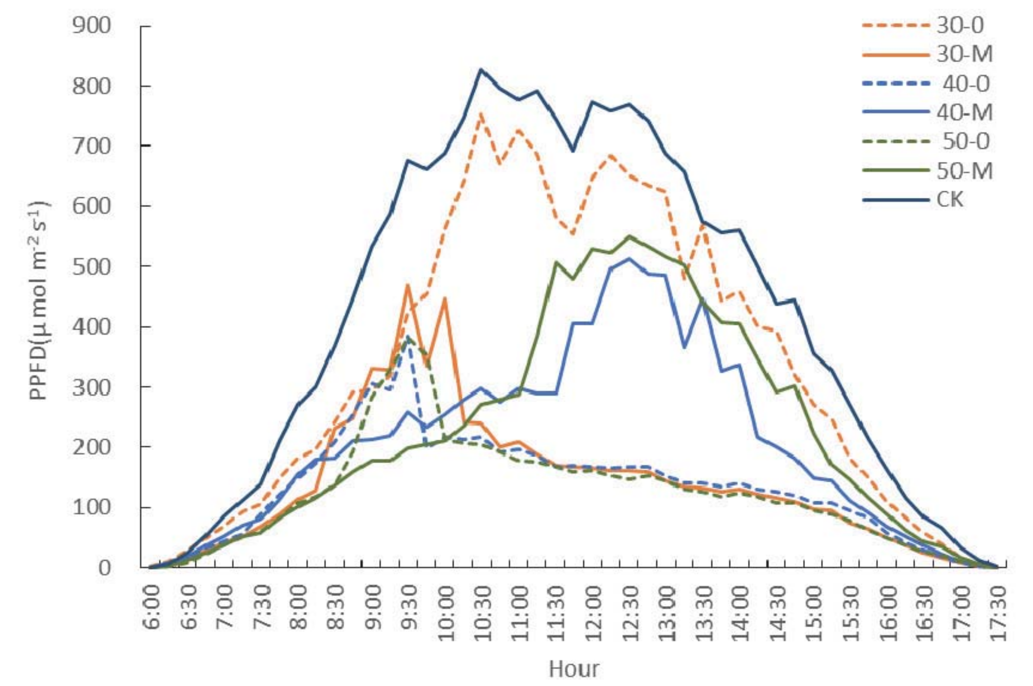


圖2.不同太陽能電板遮蔽率下每日平均光合作用光子通量密度變化(107/10/05～107/11/01)

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

■ 適合太陽能光電設施下適合與瓜果類蔬菜輪作作物篩選：

7種短期葉菜類於30%、40%及50%等三種太陽能電板遮蔽率下的生育狀況及產量表現因種類及品種有所差異，不同作物種類(品種) 高於對照處理產量表現70%之遮蔽率均不相同。

21

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

表8-1.不同遮蔽率處理之葉菜類性狀產量及調查(108夏作)

處理	鮮重 (g)	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數	小區產量 (g)	比率 (%)
			油菜 - 莫麗				
30%	158.1	37.1	19.6	13.9	12.7	1,598	88.4
40%	119.3	34.0	18.8	13.4	11.8	1,278	70.7
50%	115.8	34.9	19.0	12.3	11.3	1,233	68.2
CK	174.0	37.1	19.8	14.9	12.3	1,808	100.0
			青梗白菜 - 綠地26				
30%	117.2	25.8	16.6	11.0	12.4	1,458	101.4
40%	109.0	25.8	18.2	12.1	11.8	1,052	73.2
50%	122.1	27.2	17.0	11.9	13.7	1,272	88.5
CK	121.9	26.4	16.3	11.8	12.5	1,438	100.0
			青梗白菜 - 芳蓉				
30%	123.6	25.5	16.5	11.1	12.3	1,393	97.5
40%	110.5	23.9	15.4	10.8	13.0	1,066	74.7
50%	113.3	24.7	16.1	11.3	11.0	1,162	81.3
CK	129.4	24.5	15.5	12.4	12.9	1,428	100.0

22

表8-2.不同遮蔽率處理之葉菜類性狀產量及調查

處理	鮮重 (g)	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數	小區產量 (g)	比率 (%)
			白菜 - 好佳				
30%	240.1	36.4	21.5	18.2	12.5	2,562	85.0
40%	196.3	35.6	21.5	18.4	12.0	2,093	69.5
50%	158.1	31.2	20.0	16.2	11.3	1,590	52.8
CK	296.7	39.2	23.6	20.9	14.2	3,013	100.0
			白菜 - 新芳28				
30%	208.4	34.3	20.2	17.1	13.4	2,470	80.6
40%	142.9	31.1	19.7	16.5	12.3	1,681	54.9
50%	152.2	30.3	20.1	15.7	11.2	1,516	49.5
CK	305.2	35.9	23.0	20.0	15.3	3,064	100.0
			白菜 - 三鳳二號				
30%	140.6	35.2	22.8	20.1	9.8	1,539	94.7
40%	105.9	32.7	20.9	18.7	8.8	1,012	62.3
50%	98.9	33.4	23.1	18.5	7.9	1,023	62.9
CK	145.6	35.1	22.4	20.8	9.8	1,626	100.0
			白菜 - 東京べかな				
30%	169.6	38.2	21.3	16.3	11.7	1,089	55.2
40%	146.2	35.8	21.5	15.9	11.2	1,612	81.7
50%	135.8	35.3	22.6	16.5	10.6	1,440	73.0
CK	187.7	36.7	23.6	16.0	13.4	1,974	100.0

23

工作項目-3

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

■ 高屏地區太陽能光電設施瓜類作物輪作模式規劃建議

	春夏作	秋冬作
瓜果類	小胡瓜(30%) 東方甜瓜(30、40%)	苦瓜(30%) 南瓜(30%)
葉菜類	油菜：莫麗(30%、40%) 青梗白菜：綠地26、芳蓉 小白菜： 好佳(30%) 新芳28(30%) 三鳳二號(30%) 東京べかな(40%、50%)	油菜：莫麗(30%、40%) 青梗白菜： 綠地26(30%、50%) 芳蓉(30%～50%) 小白菜： 好佳(30%) 新芳28(30%) 三鳳二號(30%) 東京べかな(40%、50%)

24

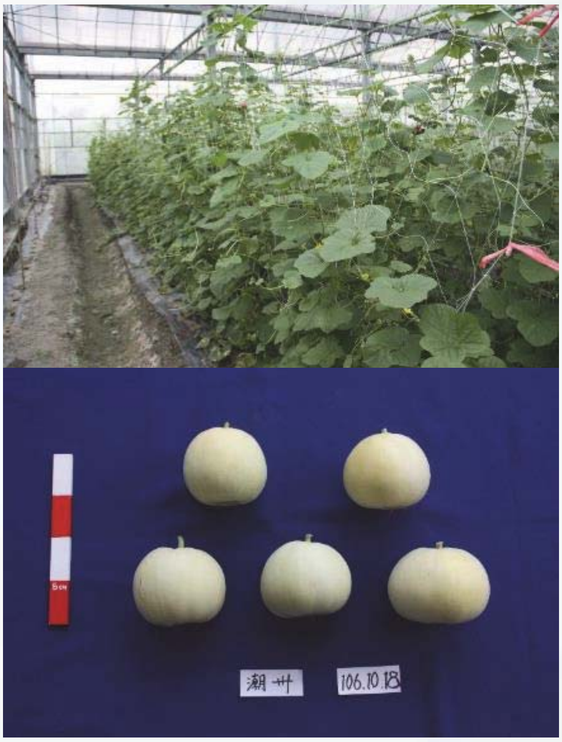


圖3.潮州案場之甜瓜生育情形及果實

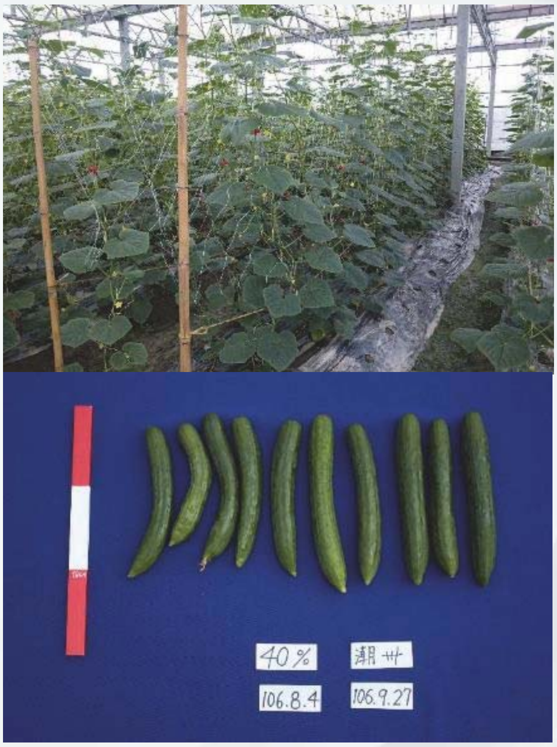


圖4.潮州案場之小胡瓜生育情形及果實

20光電綠能設施之
19農地利用成果發表會

圖5.枋寮案場之苦瓜生育情形及果實

圖6.枋寮案場之絲瓜生育情形及果實

感謝聆聽
敬請指教
20 光電綠能設施之
19 農地利用成果發表會